

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. April 2003 (10.04.2003)

PCT

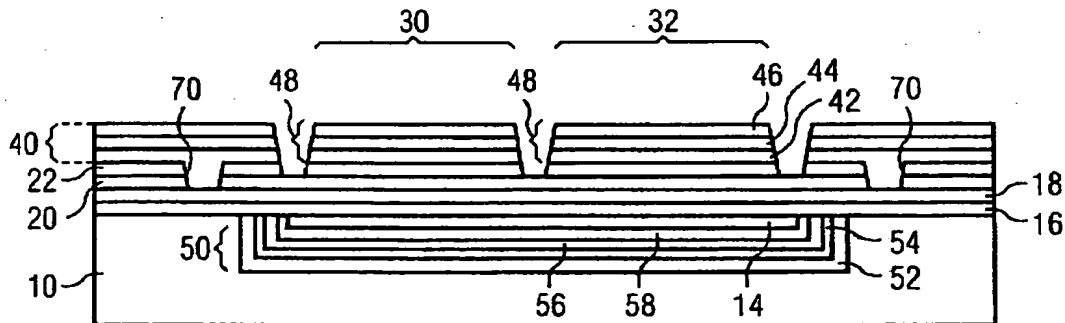
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/030358 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: H03H 9/58 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/09406 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AIGNER, Robert [AT/DE]; Einsteinstr. 104/8-13, 81675 München (DE). MARKSTEINER, Stephan [AT/DE]; Cramer-Klett-Str. 33, 85579 Neubiberg (DE). NESSLER, Winfried [AT/DE]; Ulrich-Von-Hutten-Str. 24, 81739 München (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 22. August 2002 (22.08.2002)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: ZIMMERMANN & PARTNER usw.; Postfach 330 920, 80069 München (DE).  
(30) Angaben zur Priorität: 101 47 075.4 25. September 2001 (25.09.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE). (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZO-ELECTRICAL COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHES BAUELEMENT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for the production of a piezo-electrical component, comprising at least two stacked crystal filters. A piezo-electric component comprising two stacked crystal filters, directly connected to each other by means of the lower and middle electrodes thereof, can be produced in a simple manner with the minimum of process steps, by the deposition of the layer stack over the lower electrode and subsequent structuring of the upper electrical conducting layer and optionally the second piezo-electric layer. Furthermore, said piezo-electrical component has the advantage that applications in which a high rejection-band damping occurs can be achieved with a relatively small number of filter stages. Thus even an excellent remote selection of single-ended signals can be achieved by means of the application of at least two stacked crystal filters.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Bauelements, das zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter umfasst. Durch das Abscheiden des Schichtstapels über der unteren Elektrode und der anschließenden Strukturierung der oberen elektrisch leitfähigen Schicht und ggf. zweiten piezoelektrischen Schicht kann auf einfache Weise, mit einem Minimum an Prozessschritten, ein piezoelektrisches Bauelement erzeugt werden, das zwei Stacked-Crystal-Filter umfasst, die über ihre untere und mittlere Elektrode direkt miteinander verbunden sind. Das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement besitzt darüber hinaus den Vorteil, dass Anwendungen, bei denen es auf eine hohe Sperrbanddämpfung ankommt, mit einer relativ geringen Anzahl an Filterstufen realisiert werden können. Dabei kann durch den Einsatz von zumindest zwei Stacked-Crystal-Filtern eine ausgezeichnete Fernabselektion auch für "single-ended Signale" erzielt werden.



**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Piezoelektrisches Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft piezoelektrische Bauelemente, die zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter umfassen, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger piezoelektrischer Bauelemente.

Mit der immer weiter zunehmenden Verbreitung der mobilen Kommunikation und Datenübertragung besteht auch ein immer größer werdendes Interesse an der Entwicklung von Filtern und Resonatoren für Schmalbandanwendungen mit hoher Sperrbanddämpfung. Filter für GPS-Geräte (Global Positioning System), die eine 10 MHz Bandbreite bei 1,57 GHz aufweisen, oder Resonatoren für Frequenznormale sind Beispiele für derartige Anwendungen.

Eine hohe Sperrbanddämpfung wird üblicherweise durch die Verwendung von mehrstufigen Filtern erreicht, in denen beispielsweise frequenzverschobene Serien- und Shunt-Resonatoren in einer sogenannten „Leiterstruktur“ verschaltet sind. Mit diesen mehrstufigen Filtern kann zwar eine nahezu optimale Bandbreite des Durchlassbereichs erreicht werden, für eine hohe Sperrbanddämpfung (Fernab-Selektion) ist jedoch eine sehr große Stufenanzahl notwendig, da die typische Sperrbanddämpfung pro Stufe in diesen Filtern bei nur ca. 6,8 dB liegt. Deshalb sind derzeit mehrstufige Filter, die eine Leiterstruktur aufweisen und eine Sperrbanddämpfung von mehr als 50 dB besitzen, praktisch nicht herstellbar.

Eine höhere Sperrbanddämpfung pro Filterstufe kann mit sogenannten „balanced“-Filtern erreicht werden, die in der Regel eine Brückenschaltung frequenzverschobener Resonatoren aufweisen. Die Verwendung dieser Filtertypen unterliegt

jedoch einigen wesentlichen Einschränkungen. So müssen in „balanced“-Filtern das Eingangs- und Ausgangssignal differentiell (balanced) vorliegen. Systeme, in denen solche Filtertypen zum Einsatz kommen, erfordern deshalb entweder  
5 spezielle Antennen und Vorverstärker oder aber besondere Bauelemente oder Baugruppen, welche die üblicherweise vorliegenden, sogenannten „single-ended“ Signale in sogenannte „balanced“ Signale umwandeln.

10 Die derzeit am Markt befindlichen Filter und Resonatoren für Schmalbandanwendungen sind überwiegend keramische Filter oder sogenannte „Surface-Acoustic-Wave-Filter“. Diese Filtertypen lassen sich allerdings nur schwer miniaturisieren und ihre Herstellung ist in der Regel aufwendig und damit  
15 kostenintensiv. Dies macht sie zur Verwendung in Niedrigpreis-Produkten ungeeignet. Darüber hinaus lassen sich diese Filterstrukturen in der Regel nicht in die üblichen Prozesse der Halbleiterfertigung integrieren.

20 Neben Surface-Acoustic-Wave-Filtern wird auch zunehmend versucht, sogenannte „Bulk-Acoustic-Wave“ Filter als miniaturisierte Filter zu verwenden und diese mittels Dünnschichttechniken auf Substraten herzustellen. Eine Untergruppe dieser Filtertypen sind die sogenannten „Stacked-  
25 Crystal-Filter“ (SCF). Ein Stacked-Crystal-Filter umfaßt typischerweise zwei piezoelektrische Schichten und drei Elektroden. Die erste piezoelektrische Schicht ist zwischen einer ersten, unteren Elektrode und einer zweiten, mittleren Elektrode angeordnet, eine zweite piezoelektrische Schicht  
30 zwischen der zweiten, mittleren Elektrode und einer oberen, dritten Elektrode. Die mittlere Elektrode ist dabei in der Regel geerdet. Um zu verhindern, dass sich die in den piezoelektrischen Schichten erzeugten akustischen Schwingungen in dem Substrat ausbreiten, können die Stacked-  
35 Crystal-Filter beispielsweise durch akustische Spiegel von dem restlichen Substrat abgeschirmt werden.

Das Prinzip der Stacked-Crystal-Filter ist seit ungefähr 40 Jahren bekannt, konnte sich aber im MHz-Frequenzbereich großtechnisch nicht durchsetzen, da die Herstellung von entsprechenden Quarzplättchen mit Mittenelektroden nicht beherrscht war. Mit dem Fortschritt der Miniaturisierungstechnik, insbesondere dem Fortschritt in der Dünnschichttechnik für Piezoschichten, gewinnen die Stacked-Crystal-Filter wieder zunehmend an Attraktivität. Ein entsprechender Filter für GPS-Anwendungen ist z.B. in „Stacked Crystal Filters Implemented with Thin Films, K.M. Lakin, G.R. Kline, R.S. Ketcham, J.T. Martin, K.T. McCarron, 43rd Annual Symposium on Frequency Control (1989), Seite 536 - 543“ beschrieben. Weitere Beispiele für die Verwendung von miniaturisierten Stacked-Crystal-Filtern sind beispielsweise in den Patentschriften US 5,910,756 und US 5,872,493 beschrieben. In letzterer wird weiterhin beschrieben, dass ein Stacked-Crystal-Filter über einen oberen und unteren akustischen Spiegel von dem Substrat akustisch abgeschirmt werden kann.

20

Allen dort beschriebenen Stacked-Crystal-Filtern ist jedoch gemeinsam, dass ihre Herstellung aufgrund ihres komplexen Aufbaus und der damit verbundenen hohen Anzahl abzuscheidender und zu strukturierender Schichten einen hohen Prozessaufwand erfordern, der die Herstellungskosten der Filter erhöht.

25

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, piezoelektrische Bauelemente bereitzustellen, welche die oben beschriebenen Nachteile deutlich verringern bzw. ganz vermeiden. Insbesondere ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, piezoelektrische Bauelemente bereitzustellen, die mit einem relativ geringen Prozessaufwand hergestellt werden können.

35

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Bauelements gemäß dem unabhängigen

Anspruch 1 sowie dem piezoelektrischen Bauelement gemäß Anspruch 10 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen, der  
5 Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Bauelements enthaltend zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter bereitgestellt, das die folgenden  
10 Schritte umfasst:

- a) ein Substrat wird bereitgestellt;
- b) auf dem Substrat wird aus einer auf dem Substrat  
15 aufgetragenen ersten elektrisch leitfähigen Schicht  
zumindest eine untere Elektrode erzeugt;
- c) auf dem Substrat wird zumindest im Bereich der unteren  
20 Elektrode ein Schichtstapel aufgebracht, der, beginnend  
mit der untersten Schicht, eine erste piezoelektrische  
Schicht, eine zweite elektrisch leitfähige Schicht,  
eine zweite piezoelektrische Schicht und eine dritte  
elektrisch leitfähige Schicht umfasst;
- 25 d) lediglich die dritte elektrisch leitfähige Schicht und  
ggf. die zweite piezoelektrische Schicht werden  
strukturiert, so dass zumindest zwei Stacked-Crystal-  
Filter erzeugt werden;
- 30 e) die dritte elektrisch leitfähige Schicht wird  
kontaktiert.

Die Reihenfolge der Verfahrensschritte d) und e) ist dabei nicht festgelegt. Die Kontaktierung der dritten  
35 elektrisch leitfähigen Schicht kann auch vor der  
Strukturierung der dritten elektrisch leitfähigen Schicht und  
ggf. der zweiten piezoelektrischen Schicht erfolgen.

Durch das Abscheiden des Schichtstapels über der unteren Elektrode und der anschließenden Strukturierung der oberen elektrisch leitfähigen Schicht und ggf. zweiten piezoelektrischen Schicht kann auf einfache Weise, mit einem Minimum an Prozessschritten, ein piezoelektrisches Bauelement erzeugt werden, das zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter umfaßt, die über ihre untere und mittlere Elektrode direkt miteinander verbunden sind.

10

Dabei werden die mittleren Elektroden aus der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht und die oberen Elektroden aus der dritten elektrisch leitfähigen Schicht erzeugt. Die beiden piezoelektrischen Schichten werden aus piezoelektrischen Materialien hergestellt, die mittels Dünnschichttechniken aufgebracht werden können, und umfassen z.B. Zinkoxid (ZnO), Aluminiumnitrid (AlN) oder PZT (Bleizirkoniumtitanat). Es kann aber auch jedes andere geeignete piezoelektrische Material zu ihrer Herstellung verwendet werden.

20

Als Materialien für die elektrisch leitfähigen Schichten, aus denen die unteren, mittleren bzw. oberen Elektroden erzeugt werden, können z.B. Aluminium, Aluminium-enthaltende Legierungen, Wolfram, Molybdän oder Platin verwendet werden. Es kann aber auch jedes andere geeignete elektrisch leitfähige Material verwendet werden. Als Substratmaterial kann z.B. Silizium, GaAs oder Glas verwendet werden.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in der zweiten piezoelektrischen Schicht zumindest eine Öffnung erzeugt und die zweite elektrisch leitfähige Schicht zusätzlich kontaktiert. Die erzeugte Öffnung oder erzeugten Öffnungen können als Kontaktlöcher dienen, durch die in dem Bauelement die mittleren Elektroden, die aus der zweiten elektrisch

35

leitenden Schicht erzeugt werden, mit einem vorgegebenen Potential verbunden werden können.

In einer weiteren bevorzugten Variante des  
5 erfindungsgemäßen Verfahrens wird vor dem Kontaktieren der dritten elektrisch leitfähigen Schicht die Resonanzfrequenz zumindest eines erzeugten Stacked-Crystal-Filters gemessen und gegebenenfalls in einem weiteren Schritt durch lokales Abätzen die Schichtdicke dritten elektrisch leitfähigen  
10 Schicht korrigiert. Durch diese Variante wird es möglich, die Prozessausbeute zu optimieren, da durch den Frequenzabgleich während des Strukturierungsverfahrens der sogenannte „Yield“ werden kann. Dabei ist sowohl möglich, die Resonanzfrequenz eines bereits strukturierten Stacked-Crystal-Filters durch  
15 Veränderung der Schichtdicke der dritten elektrisch leitfähigen Schicht zu korrigieren, als auch eine Testmessung an einem oder mehreren Stacked-Crystal-Filtern, die beispielsweise am Rande des Substrats strukturiert wurden, als Anhaltspunkt zur Veränderung der Schichtdicke der dritten  
20 elektrisch leitfähigen Schicht in bisher unstrukturierten Bereichen zu verwenden, in denen erst in einem oder mehreren folgenden Verfahrensschritten Stacked-Crystal-Filter erzeugt werden. Weiterhin ist es selbstverständlich möglich, anstelle des lokalen Abätzens die Schichtdicke der dritten elektrisch  
25 leitfähigen Schicht durch weiteres Abscheiden von Material zu verändern und somit zu korrigieren.

In einer weiteren bevorzugten Variante des  
erfindungsgemäßen Verfahrens wird vor dem Strukturieren der  
30 dritten elektrisch leitfähigen Schicht sowie ggf. der zweiten piezoelektrischen Schicht und/oder dem Kontaktieren der dritten elektrisch leitfähigen Schicht zumindest ein oberer akustischer Spiegel erzeugt. Dieser wird vorzugsweise aus einem auf der dritten elektrisch leitfähigen Schicht  
35 aufgebrachten Schichtstapel erzeugt, wobei der Schichtstapel zumindest aus einer Schicht aus einem elektrisch leitfähigen Metall besteht. Besonders bevorzugt ist es, dass alle



- Schichten dieses Schichtstapels elektrisch leitfähig sind. Dadurch wird gewährleistet, dass der gesamte obere akustische Spiegel elektrisch leitfähig ist. Durch den oberen akustischen Spiegel werden die in dem Stacked-Crystal-Filter erzeugten akustischen Wellen reflektiert und so der SCF akustisch abgeschirmt. Die Erzeugung des oberen akustischen Spiegels aus einem elektrisch leitfähigen Metall ermöglicht eine besonders einfache Kontaktierung der oberen Elektroden, da diese über den oberen akustischen Spiegel erfolgen kann. Dies erleichtert darüber hinaus das sogenannte „packaging“ des Bauelements, das dadurch beispielsweise durch eine sogenannte „Flip-Chip-Montage“ ohne Zusatzmaßnahmen montiert werden kann.
- 15 In einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der obere akustische Spiegel aus einer Schichtfolge von elektrisch leitfähigen Metallen mit abwechselnd hoher oder niedriger akustischer Impedanz erzeugt. Geeignete Metalle mit hoher akustischer Impedanz sind beispielsweise Gold (Au), Molybdän (Mo) oder Wolfram (W). Als Metalle mit niedriger akustischer Impedanz sind beispielsweise Aluminium (Al) oder Titan (Ti) geeignet.
- 25 Um die Stacked-Crystal-Filter auch nach unten gegenüber dem Substrat abzuschirmen, wird in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vor der Erzeugung der unteren Elektrode ein unterer akustischer Spiegel in dem Substrat erzeugt. Dieser kann aus einer Membran, aus einem Hohlraum oder aus einer Schichtfolge von Schichten aus Materialien mit abwechselnd hoher und niedriger akustischer Impedanz erzeugt werden. Geeignete Materialien mit niedriger akustischer Impedanz sind beispielsweise Silizium (Si), Polysilizium, Aluminium oder Polymere. Geeignete Materialien mit hoher akustischer Impedanz sind beispielsweise Gold (Au), Molybdän (Mo), Wolfram (W) oder Platin (Pt).

In einer weiteren bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die erste und zweite piezoelektrische Schicht in unterschiedlichen Schichtdicken abgeschieden. Dies ermöglicht es Bauelemente zu erzeugen, die  
5 als Impedanz-Transformatoren dienen können.

In einer weiteren besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die untere Elektrode, die erste piezoelektrische Schicht, die mittlere Elektrode, die  
10 zweite piezoelektrische Schicht und die obere Elektrode so abgeschieden, dass der aus ihnen gebildete Schichtstapel eine Schichtdicke aufweist, die etwa der halben Wellenlänge der mechanischen Schwingung der Stacked-Crystal-Filter entspricht. Dadurch können Stacked-Crystal-Filter erzeugt  
15 werden, die in der akustischen Grundmode betrieben werden können und so eine minimale Resonatorfläche bei gegebenem Impedanzniveau erreichen.

Die Erfindung umfasst weiterhin ein piezoelektrisches Bauelement umfassend zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter auf einem Substrat, wobei jeder Stacked-Crystal-Filter wenigstens eine untere Elektrode, eine über der unteren Elektrode angeordnete erste piezoelektrische Schicht, eine  
20 über der ersten piezoelektrischen Schicht angeordnete mittlere Elektrode, eine über der mittleren Elektrode angeordnete zweite piezoelektrische Schicht und eine über der zweiten piezoelektrischen Schicht angeordnete obere Elektrode umfasst. Das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei der jeweiligen  
25 unteren und der jeweiligen mittleren Elektroden der Stacked-Crystal-Filter direkt miteinander verbunden sind.

Das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement weist einen besonders einfachen Aufbau auf, der mit einer geringen  
35 Anzahl an Prozessschritten und somit besonders kostengünstig hergestellt werden kann. Das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement besitzt darüber hinaus den

Vorteil, dass Anwendungen, bei denen es auf eine hohe Sperrbanddämpfung ankommt, mit einer relativ geringen Anzahl an Filterstufen realisiert werden können. Dabei kann durch den Einsatz von zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter eine  
5 ausgezeichnete Fernabselektion auch für „single-ended“ Signale erzielt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind die unteren Elektroden erdfrei,  
10 wobei es besonders bevorzugt ist, dass das elektrische Potential der unteren Elektroden nicht festgelegt ist.

Insbesondere ist es bevorzugt, dass die unteren Elektroden von zumindest zwei direkt miteinander verbundenen  
15 Stacked-Crystal-Filtern und ihre jeweilige direkte Verbindung aus einer Schicht gebildet sind. Weiterhin ist es besonders bevorzugt, auch die mittleren Elektroden und ihre jeweilige direkte Verbindung aus einer Schicht gebildet sind. Diese Struktur kann auf besonders einfache Weise hergestellt  
20 werden.

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauelements sind die oberen Elektroden der jeweiligen Stacked-Crystal-Filter als  
25 Signaleingang oder Signalausgang geschaltet.

Besonders bevorzugt ist es, dass oberhalb der oberen Elektroden wenigstens ein oberer akustischer Spiegel angeordnet ist, wobei es insbesondere bevorzugt ist, dass der  
30 obere akustische Spiegel aus zumindest einem elektrisch leitfähigen Material gebildet ist. Vorzugsweise ist der obere akustische Spiegel mit den oberen Elektroden direkt leitend verbunden. Für den oberen akustischen Spiegel kommen als geeignete Materialien und Strukturen die bereits im  
35 Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Materialien und Strukturen in Frage. Dadurch wird in dem erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauelement

eine besonders einfache Kontaktierung der oberen Elektroden über den oberen akustischen Spiegel ermöglicht. Wie bereits für das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben, erleichtert dies das „packaging“ des Bauelements.

5

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst das piezoelektrische Bauelement wenigstens einen unteren akustischen Spiegel, um die Stacked-Crystal-Filter vom Substrat akustisch zu isolieren. Geeignete  
10 Spiegelmaterialien und -strukturen wurden bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert.

Weiterhin ist es besonders bevorzugt, dass das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement zumindest ein  
15 Kontaktloch umfasst, das sich durch die obere Elektrode, bzw. durch die dritte elektrisch leitfähige Schicht aus der die obere Elektrode erzeugt wird, und durch die obere piezoelektrische Schicht erstreckt und über das die mittleren Elektroden mittels zumindest eines elektrisch leitfähigen  
20 Materials mit einem vorgegebenen Potential verbunden werden können. Besonders bevorzugt ist hierbei, dass zur Verbindung der mittleren Elektroden mit dem vorgegebenen Potential das gleiche elektrisch leitfähige Material verwendet wird wie zur Ausbildung des oberen akustischen Spiegels. Dieser Aufbau des  
25 Bauelements kann in besonders einfacher Weise mit einer minimalen Anzahl von Abscheidungs- und Strukturierungsschritten erfolgen, da hier der obere Spiegel und die Kontaktierung der mittleren Elektrode aus denselben Schichten erzeugt wird.

30

Wie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und aus den dort erläuterten Gründen ist es für die piezoelektrischen Bauelemente der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt, dass in zumindest einem Stacked-Crystal-  
35 Filter des Bauelements die Schichtdicke des Schichtstapels aus unterer Elektrode, erster piezoelektrischer Schicht, mittlerer Elektrode, zweiter piezoelektrischer Schicht und

oberer Elektrode etwa der halben Wellenlänge der mechanischen Schwingung des Stacked-Crystal-Filter entspricht.

Vorzugsweise ist in allen Stacked-Crystal-Filtern des Bauelements die Schichtdicke dieses Schichtstapels im wesentlichen gleich groß.

In weiteren bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfassen die piezoelektrischen Bauelemente zumindest einen zweistufigen single-ended Schmalbandfilter, zumindest einen Impedanz-Transformator, zumindest einen Leistungsteiler und/oder zumindest einen balanced-Filter.

Wenn das erfindungsgemäße piezoelektrische Bauelement einen Impedanz-Transformator umfasst, ist es besonders bevorzugt dass in dem ersten und zweiten Stacked-Crystal-Filter die erste piezoelektrische Schicht dünner ist als die zweite piezoelektrische Schicht. Besonders bevorzugt ist dabei, dass die unteren und die oberen Elektroden der SCF unterschiedliche Flächenform und/oder Flächeninhalt aufweisen. Dadurch wird eine besonders reflexionsarme Impedanztransformation zwischen Filtereingang und -ausgang möglich.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 7 näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1A bis 1E: die schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 die schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauelements umfassend einen zweistufigen single-ended Schmalbandfilter;

Fig. 3 die schematische Darstellung eines  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen  
Bauelements umfassend zwei in Serie  
geschaltete zweistufige single-ended  
Schmalbandfilter;

Fig. 4 die schematische Darstellung eines  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen  
Bauelements umfassend einen Impedanz-  
Transformator;

Fig. 5 die schematische Darstellung eines  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen  
Bauelements umfassend einen Leistungsteiler;

Fig. 6 die schematische Darstellung eines  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen  
Bauelements umfassend einen balanced-Filter  
mit „floating“-Mittlelektrode; und

Fig. 7 die schematische Darstellung eines  
erfindungsgemäßen piezoelektrischen  
Bauelements umfassend einen balanced-Filter  
mit geerdeter Mittlelektrode.

Fig. 1A bis 1E zeigen eine schematische Darstellung  
einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
Verfahrens. In Fig. 1A ist ein Substrat 10 dargestellt, in  
dem mit herkömmlichen Strukturierungstechniken, z.B.  
Lithographie und Ätzung, ein Graben erzeugt wurde. In diesem  
Graben wird ein Schichtstapel abgeschieden, der die Schichten  
52, 54, 56, 58 zur Erzeugung eines unteren akustischen  
Spiegels 50 und eine erste elektrisch leitfähige Schicht  
enthält. Aus der ersten elektrisch leitfähigen Schicht wird  
die untere Elektrode 14 erzeugt.

Nach der Abscheidung dieses Schichtstapels werden der untere akustische Spiegel 50 und die untere Elektrode 14 strukturiert. Dies kann durch ein CMP-Verfahren geschehen, wie es beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 199 47 081 beschrieben ist.

Fig. 1B zeigt das Substrat 10 mit dem strukturierten unteren akustischen Spiegel 50 und der strukturierten unteren Elektrode 14. Auf das Substrat mit Spiegel 50 und unterer Elektrode 14 werden anschließend nacheinander die erste piezoelektrische Schicht 16, die zweite elektrisch leitfähige Schicht, die zweite piezoelektrische Schicht 20 und die dritte elektrisch leitfähige Schicht 22 abgeschieden. Dies ist in Fig. 1C dargestellt. Anschließend kann die obere elektrisch leitfähige Schicht 22 beispielsweise durch Lithographie und Ätzung strukturiert werden. Durch die Strukturierung lediglich dieser einen Schicht 22 können so auf einfache Weise die beiden Stacked-Crystal-Filter 30, 32 mit der beschriebenen Schichtfolge erzeugt werden.

20

In der bevorzugten, in den Fig. 1A bis 1E dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden jedoch zuerst in dem in Fig. 1D dargestellten Strukturierungsschritt Öffnungen in der dritten elektrisch leitfähigen Schicht 22 und der zweiten piezoelektrischen Schicht 20 erzeugt. Diese Öffnungen können als Kontaktlöcher dienen, über welche die mittlere Elektrode, die aus der zweiten elektrisch leitfähigen Schicht 18 gebildet wird, mit einem vorgegebenen Potential, vorzugsweise mit der Masse, verbunden werden kann.

30

Gleichzeitig ist es beispielsweise möglich, mit dieser Ätzung auf zumindest einem ausgesuchten Testbereich auf dem Substrat zumindest einen Stacked-Crystal-Filter zu erzeugen. An dieser Teststruktur kann dann in einem Zwischenschritt die Resonanzfrequenz des Test-SCF gemessen werden. Selbstverständlich können auch mehrere Test-SCF auf

35

verschiedenen Positionen des Substrats erzeugt werden. Anhand der gemessenen Resonanzfrequenz kann entschieden werden, ob eine Nachkorrektur der Schichtdicke der dritten elektrisch leitfähigen Schicht (22) erforderlich ist, um Stacked-Crystal-Filter zu erhalten, welche die gewünschte Resonanzfrequenz aufweisen. Die Schichtdicke der dritten elektrisch leitfähigen Schicht 22 kann gegebenenfalls durch lokales Abätzen korrigiert werden. Dieses lokale Abätzen kann beispielsweise durch lokales Ionenstrahlätzen erfolgen. Denkbar ist allerdings auch, dass die Schichtdicke der dritten elektrisch leitfähigen Schicht 22 durch weiteres Abscheiden von Material erhöht wird.

Anschließend wird, wie in Fig. 1E dargestellt, in weiteren Abscheidungsschritten ein Schichtstapel 40 aus verschiedenen elektrisch leitfähigen Metallen 42, 44, 46 abgeschieden. Die Schichtfolge ist dabei so gewählt, dass die Metalle alternierend eine hohe oder niedrige Impedanz aufweisen. Dadurch sind diese Metallschichten 42, 44, 46 zur Erzeugung eines oberen akustischen Spiegels 48 geeignet, der in einem anschließenden Strukturierungsschritt erzeugt wird (Fig. 1E). Zusätzlich kann mittels der Metallschichten 42, 44 und 46 sowohl eine leitende Verbindung zwischen der aus der zweiten leitfähigen Schicht 18 gebildeten Mittelelektrode und einem vorgegebenen Potential, z.B. Masse, als auch eine Verbindung zwischen den aus der dritten leitfähigen Schicht 22 gebildeten oberen Elektroden und dem Signaleingang bzw. Signalausgang hergestellt werden.

In dem in Fig. 1E dargestellten Strukturierungsschritt werden neben dem oberen akustischen Spiegel auch die Stacked-Crystal-Filter 30 und 32 durch eine oder mehrere entsprechende Ätzungen der Metallschichten 42, 44, und 46 sowie der dritten elektrisch leitfähigen Schicht 22 erzeugt.

Durch das vorhergehend beschriebene Verfahren kann auf besonders einfache Weise sowohl die Strukturierung als auch



Kontaktierung der Stacked-Crystal-Filter in dem Substrat erreicht werden.

In den Figuren 2 bis 7 sind verschiedene bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauelemente schematisch dargestellt. In all diesen Figuren sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszahlen benannt. In einigen Figuren sind diese Bauteile zur besseren Unterscheidbarkeit in den verschiedenen Komponenten der Bauelemente mit den Indizes (') oder (``) versehen. In einigen Figuren sind nur die wesentlichen übergeordneten Komponenten mit Bezugszeichen versehen, um die Übersichtlichkeit zu wahren. In diesen Figuren können aber den einzelnen Bauteilen der Bauelemente analoge Bezugszeichen zugeordnet werden, was sich aus dem Vergleich mit vorherigen Figuren unmittelbar ergibt. Die im folgenden beschriebenen Bauelemente lassen sich besonders einfach nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellen.

In Fig. 2 ist eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Bauelements dargestellt, das einen zweistufigen single-ended Schmalbandfilter 350 umfasst.

Dieser ist aus zwei Stacked-Crystal-Filtern 300, 320 aufgebaut, die über ihre unteren Elektroden 114, 114' mittels einer gemeinsamen Verbindung 115 direkt miteinander verbunden sind. Jeder SCF 300, 320 umfaßt eine erste piezoelektrische Schicht 116, 116', eine mittlere Elektrode 118, 118', eine zweite piezoelektrische Schicht 200, 200' und eine obere Elektrode 220, 220'. Die mittleren Elektroden sind über eine gemeinsame Verbindung 119 direkt miteinander verbunden und sind geerdet. Die obere Elektrode 220 des einen SCF 300 ist mit dem Signaleingang verbunden, die obere Elektrode 220' des anderen SCF 320 ist mit dem Signalausgang verbunden.

Um die Filterselektivität weiter zu erhöhen, sind in dem in Figur. 3 dargestellten Filter zwei der in Figur 2 gezeigten „single-ended Schmalbandfilter“ 350, 352 zu einem vierstufigen Filter zusammengeschaltet.

5

Das in Figur 4 dargestellte piezoelektrisches Bauelement wirkt wie ein Impedanz-Transformator 360. In der dort gezeigten Ausführungsform wird die Impedanztransformation dadurch erreicht, dass die jeweils ersten piezoelektrischen Schichten 116, 116' in den SCF 300, 320 eine geringere Schichtdicke aufweisen, als die jeweiligen zweiten piezoelektrischen Schichten. Zusätzlich sind in dem einen SCF 300 des Impedanz-Transformators 360 die Flächen der unteren Elektrode 114 und der oberen Elektrode 220 unterschiedlich groß gestaltet, wodurch eine reflexionsarme Impedanztransformation zwischen Filtereingang und -ausgang erreicht wird.

In Fig. 5 ist ein piezoelektrisches Bauelement dargestellt, das als Leistungsteiler 370 dient. Die drei SCF 300, 320, 330 sind über ihre unteren Elektroden 114, 114', 114'' und ihre geerdeten mittleren Elektroden 118, 118', 118'' direkt miteinander verbunden. Die obere Elektrode 220 des einen SCF 300 ist mit dem Signaleingang verbunden, die oberen Elektroden der jeweils anderen SCF 320, 330 sind mit Signalausgängen verbunden.

Die in Fig. 6 und 7 dargestellten Filter sind balanced-Filter 390. Sie umfassen jeweils vier SCF 300, 320; 300', 320', die alle über ihre mittleren Elektroden 118 direkt miteinander verbunden sind. Jeweils zwei der SCF sind über ihre jeweiligen unteren Elektroden direkt miteinander verbunden, wodurch zwei SCF-Paare 370, 380 gebildet werden. Innerhalb eines SCF-Paares 370, 380 ist die obere Elektrode eines SCF 300, 300' mit dem Signaleingang, die des anderen SCF 320, 320' mit dem Signalausgang verbunden.

In dem in Figur 6 dargestellten Filtert sind die mittleren Elektroden erdfrei, d.h. „floating“, wohingegen die mittleren Elektroden in dem in Fig. 7 dargestellten Filter mit der Masse verbunden sind.

## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Bauelements enthaltend zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter (30, 32), umfassend die folgenden Schritte:
- 10 a) ein Substrat (10) wird bereitgestellt;
- b) auf dem Substrat (10) wird aus einer auf dem Substrat (10) aufgetragenen ersten elektrisch leitfähigen Schicht zumindest eine untere Elektrode (14) erzeugt;
- 15 c) auf dem Substrat (10) wird zumindest im Bereich der unteren Elektrode (14) ein Schichtstapel aufgetragen, der, beginnend mit der untersten Schicht, eine erste piezoelektrische Schicht (16), eine zweite elektrisch leitfähige Schicht (18), eine zweite piezoelektrische
- 20 Schicht (20) und eine dritte elektrisch leitfähige Schicht (22) umfasst;
- d) lediglich die dritte elektrisch leitfähige Schicht (22) und ggf. die zweite piezoelektrische Schicht (20)
- 25 werden strukturiert, so dass zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter (30, 32) erzeugt werden;
- e) die dritte elektrisch leitfähige Schicht (22) wird kontaktiert.
- 30
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
- zumindest eine Öffnung (70) in der zweiten
- piezoelektrischen Schicht (20) erzeugt wird und zusätzlich
- 35 die zweite elektrisch leitfähige Schicht (18) kontaktiert wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
vor Schritt e.) die Resonanzfrequenz zumindest eines der  
erzeugten Stacked-Crystal-Filter (30, 32) gemessen und  
gegebenenfalls in einem weiteren Schritt durch lokales  
5 Abätzen die Schichtdicke der dritten elektrisch  
leitfähigen Schicht (22) korrigiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 vor Schritt d.) und/oder e.) zumindest ein oberer  
akustischer Spiegel (48) erzeugt wird, vorzugsweise aus  
einem auf der dritten elektrisch leitfähigen Schicht (22)  
aufgebrachten Schichtstapel (40), wobei der Schichtstapel  
15 (40) zumindest eine Schicht aus einem elektrisch  
leitfähigen Metall aufweist und vorzugsweise alle  
Schichten des Schichtstapels (40) elektrisch leitfähig  
sind.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der obere akustische Spiegel (48) eine Schichtfolge von  
elektrisch leitfähigen Metallen (42, 44, 46) umfasst, die  
abwechselnd eine hohe und niedrige akustische Impedanz  
25 aufweisen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die erste (16) und zweite piezoelektrische Schicht (20)  
30 unterschiedliche Schichtdicken aufweisen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
vor Schritt b.) in dem Substrat (10) ein unterer  
35 akustischer Spiegel (50) erzeugt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
der untere akustische Spiegel (50) eine Schichtfolge (52,  
54, 56, 58) aus Materialien mit alternierend hoher und  
niedriger akustischer Impedanz umfaßt.

5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s d i e  
untere Elektrode (14), die erste piezoelektrische Schicht  
(16), die mittlere Elektrode (18), die zweite  
piezoelektrische Schicht (20) und die oberer Elektrode  
(22) so abgeschieden werden, dass der aus diesen Schichten  
gebildete Schichtstapel (60) eine Schichtdicke aufweist,  
die etwa der halben Wellenlänge der mechanischen  
Schwingung der Stacked-Crystal-Filter (30, 32) entspricht.

10

15

10. Piezoelektrisches Bauelement (350, 354, 360, 370, 390)  
umfassend zumindest zwei Stacked-Crystal-Filter (300, 320)  
auf einem Substrat, wobei jeder Stacked-Crystal-Filter  
(300, 320) wenigstens eine untere Elektrode (114, 114'),  
eine über der unteren Elektrode angeordnete erste  
piezoelektrische Schicht (116, 116'), eine über der ersten  
piezoelektrischen Schicht angeordnete mittlere Elektrode  
(118, 118'), eine über der mittleren Elektrode angeordnete  
zweite piezoelektrische Schicht (200, 200') und eine über  
der zweiten piezoelektrischen Schicht angeordnete obere  
Elektrode (220, 220') umfasst,

20

25

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
zumindest zwei der jeweiligen unteren und der jeweiligen  
mittleren Elektroden (114, 114', 118, 118') der Stacked-  
Crystal-Filter (300, 320) direkt miteinander verbunden  
sind.

30

11. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die unteren Elektroden (114, 114') erdfrei sind.

35

12. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 10 oder 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
das elektrische Potential der unteren Elektroden (114,  
114') nicht festgelegt ist.

- 5 13. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die unteren Elektroden (114, 114') von zumindest zwei  
10 direkt miteinander verbundenen Stacked-Crystal-Filtern  
(300, 320) und ihre jeweilige direkte Verbindung (115) aus  
einer Schicht gebildet sind.
14. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 13,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die mittleren Elektroden (118, 118') von zumindest zwei  
direkt miteinander verbundenen Stacked-Crystal-Filtern  
(300, 320) und ihre jeweilige direkte Verbindung (119) aus  
einer Schicht gebildet sind.
- 20 15. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
die oberen Elektroden (220, 220') der Stacked-Crystal-  
25 Filter (300, 320), die direkt über ihre unteren Elektroden  
(114, 114') miteinander verbunden sind, als Signaleingang  
oder Signalausgang verwendet werden.
16. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 15,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
das piezoelektrische Bauelement wenigstens einen unteren  
akustischen Spiegel (50) umfasst.
- 35 17. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

oberhalb der oberen Elektroden (114, 114') wenigstens ein oberer akustischer Spiegel (48) angeordnet ist.

18. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 17,  
5     dadurch gekennzeichnet, dass  
der obere akustische Spiegel (48) aus zumindest einem  
elektrisch leitfähigen Material gebildet ist.
19. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 18,  
10     dadurch gekennzeichnet, dass  
der obere akustische Spiegel (48) mit den oberen  
Elektroden (220, 220') direkt leitend verbunden ist.
20. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
15     bis 19,  
   dadurch gekennzeichnet, dass  
das piezoelektrische Bauelement zumindest ein Kontaktloch  
(70) umfasst, das sich durch die obere Elektrode (220,  
220') und die obere piezoelektrische Schicht (200, 200')  
20     erstreckt und über das die mittlere Elektrode (118, 118')  
mittels zumindest eines elektrisch leitfähigen Materials  
mit einem vorgegebenen Potential verbunden werden kann.
21. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 20,  
25     dadurch gekennzeichnet, dass  
zur Verbindung der mittleren Elektrode (118, 118') mit dem  
vorbestimmten Potential das gleiche elektrisch leitfähige  
Material verwendet wird wie zur Ausbildung des oberen  
akustischen Spiegels (48).
- 30     22. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
   bis 21,  
   dadurch gekennzeichnet, dass  
das piezoelektrische Bauelement zumindest einen  
35     zweistufigen single-ended Schmalbandfilter (350) umfaßt,  
umfassend einen ersten Stacked-Crystal-Filter (300),  
dessen obere Elektrode (220) als Signaleingang geschaltet



ist, einen zweiten Stacked-Crystal-Filter (320), dessen obere Elektrode (220') als Signalausgang geschaltet ist, wobei die mittleren Elektroden (118, 118') geerdet sind.

- 5 23. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 22,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das piezoelektrische Bauelement wenigstens zwei in Serie  
geschaltete zweistufige single-ended Schmalbandfilter  
(350, 352) umfasst.
- 10 24. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10  
bis 21,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das piezoelektrische Bauelement zumindest einen Impedanz-  
15 Transformator (360) umfasst, umfassend einen ersten  
Stacked-Crystal-Filter (300), dessen obere Elektrode (220)  
als Signaleingang geschaltet ist, einen zweiten Stacked-  
Crystal-Filter (320), dessen obere Elektrode (220') als  
20 Signalausgang geschaltet ist, wobei die mittleren  
Elektroden (118, 118') der Stacked-Crystal-Filter (300,  
320) geerdet sind, und wobei die Impedanz des ersten  
Stacked-Crystal-Filters (300) kleiner ist als die Impedanz  
des zweiten Stacked-Crystal-Filters (320).
- 25 25. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
in dem ersten und zweiten Stacked-Crystal-Filter (300,  
320) die erste piezoelektrische Schicht (116, 116') dünner  
ist als die zweite piezoelektrische (200, 200') Schicht.
- 30 26. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 24 oder 25,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die unteren (114, 114') und die oberen Elektroden (116,  
116') unterschiedliche Flächenform und/oder Flächeninhalt  
35 aufweisen.

27. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10 bis 21,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
das piezoelektrische Bauelement zumindest einen

5 Leistungsteiler (370) umfasst, umfassend wenigstens einen  
ersten, zweiten und dritten Stacked-Crystal-Filter (300,  
320, 330), wobei die obere Elektrode (220) des ersten  
Stacked-Crystal-Filters (330) als Signaleingang und die  
10 oberen Elektroden (220', 220'') des zweiten und dritten  
Stacked-Crystal-Filters (320, 330) jeweils als  
Signalausgang geschaltet sind, die unteren Elektroden  
(114, 114', 114'') und die mittleren Elektroden (118,  
118', 118'') des ersten, zweiten und dritten Stacked-  
Crystal-Filters (300, 320, 330) direkt miteinander  
15 verbunden sind und die mittleren Elektroden (118, 118',  
118'') geerdet sind.

28. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10 bis 21,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
das piezoelektrische Bauelement zumindest einen balanced-  
Filter (390) umfasst, umfassend vier Stacked-Crystal-  
Filter (300, 300', 320, 320'), deren mittlere Elektroden  
(118) direkt miteinander verbunden sind und die unteren  
25 Elektroden (114) von je zwei Stacked-Crystal-Filtern (300,  
320; 300', 320') direkt miteinander verbunden sind,  
wodurch zwei Stacked-Crystal-Filter-Paare (370, 380)  
gebildet werden und wobei in jedem Stacked-Crystal-Filter-  
Paar (370, 380) eine obere Elektrode (220) als  
30 Signaleingang und eine obere Elektrode (220') als  
Signalausgang geschaltet ist.

29. Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 28,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s  
35 die mittleren Elektroden (118) geerdet sind.

30. Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 10 bis 29,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
in zumindest einem der Stacked-Crystal-Filter (300, 320)  
5 des Bauelements die erste Elektrode (114), die erste  
piezoelektrische Schicht (116), die mittlere Elektrode  
(118), die zweite piezoelektrische Schicht (200) und die  
obere Elektrode (220) einen Schichtstapel (60) bilden,  
dessen Schichtdicke etwa der halben Wellenlänge der  
10 mechanischen Schwingung des Stacked-Crystal-Filter (300,  
320) entspricht.

1/4

FIG 1A



FIG 1B

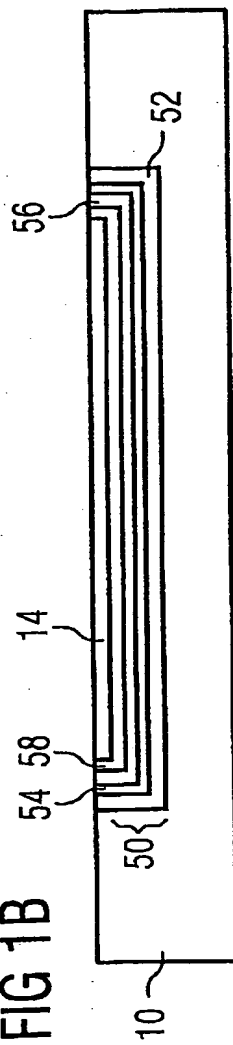


FIG 1C

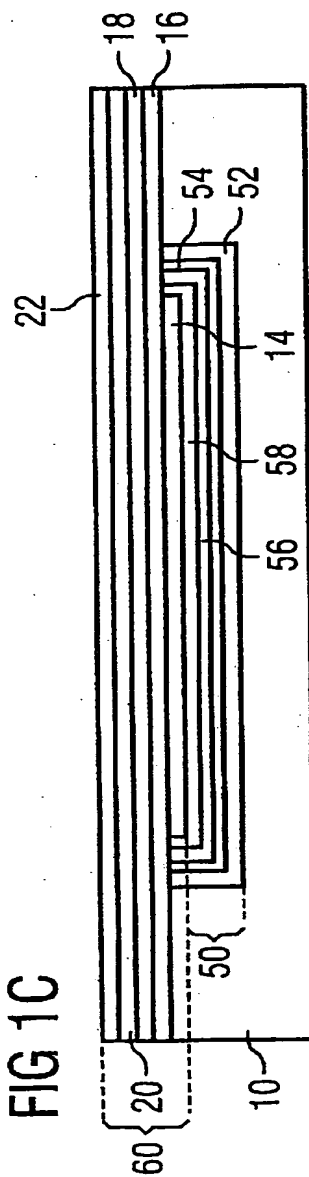


FIG 1D

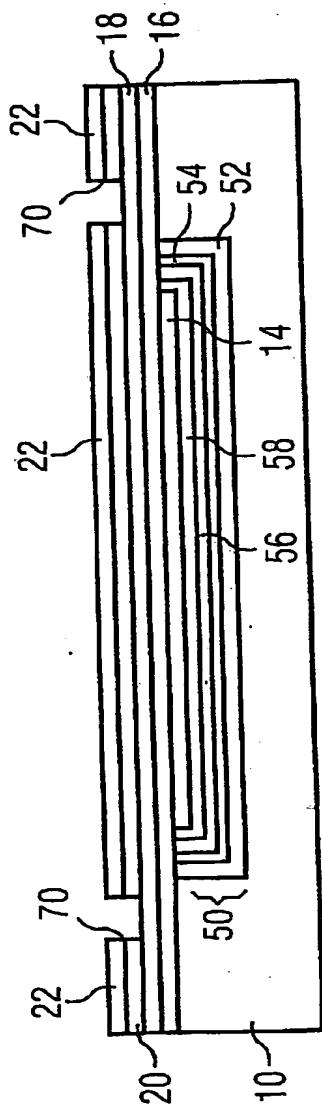


FIG 1E

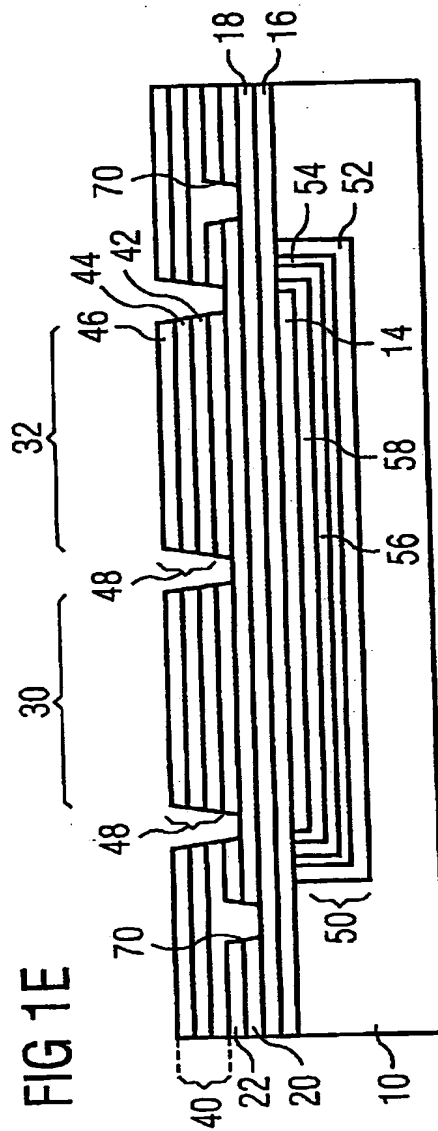


FIG 2

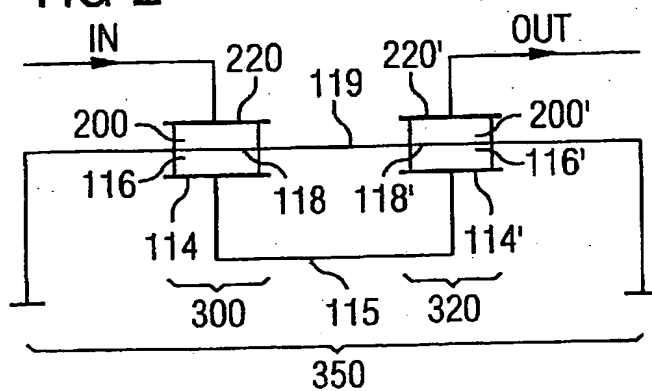


FIG 3

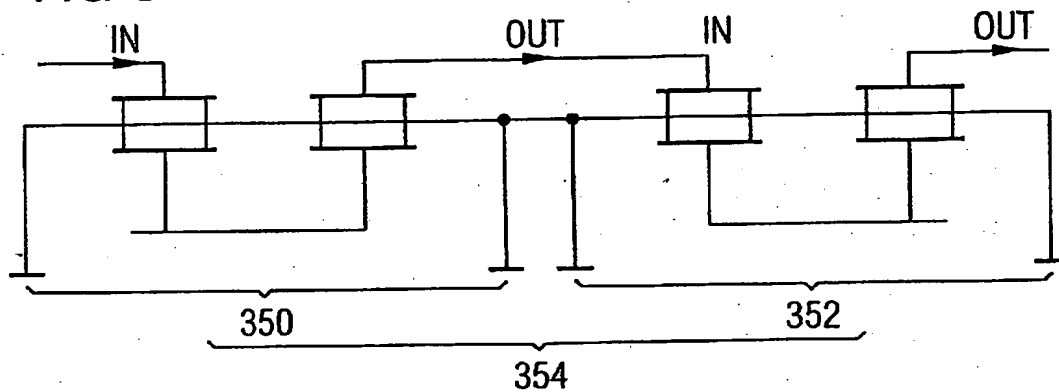
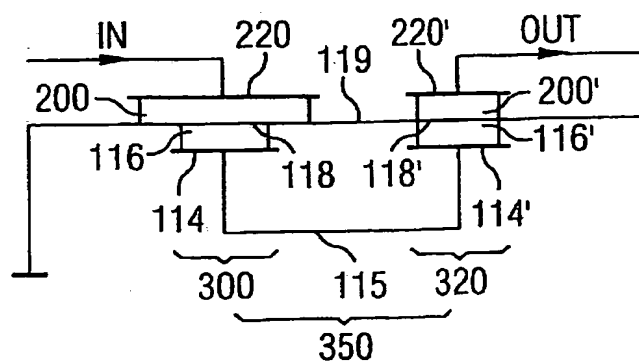


FIG 4



4/4

FIG 5

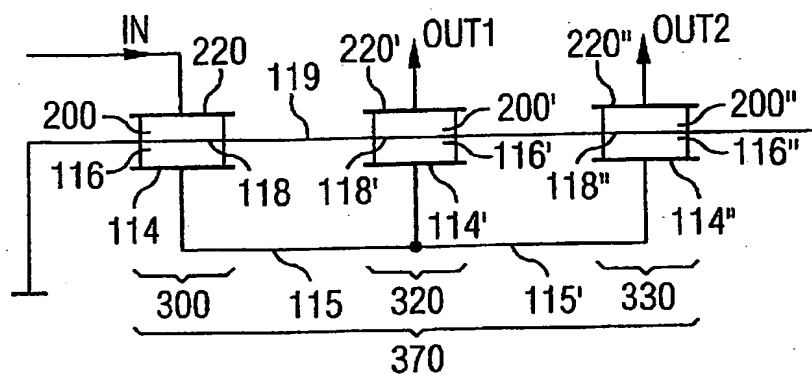


FIG 6

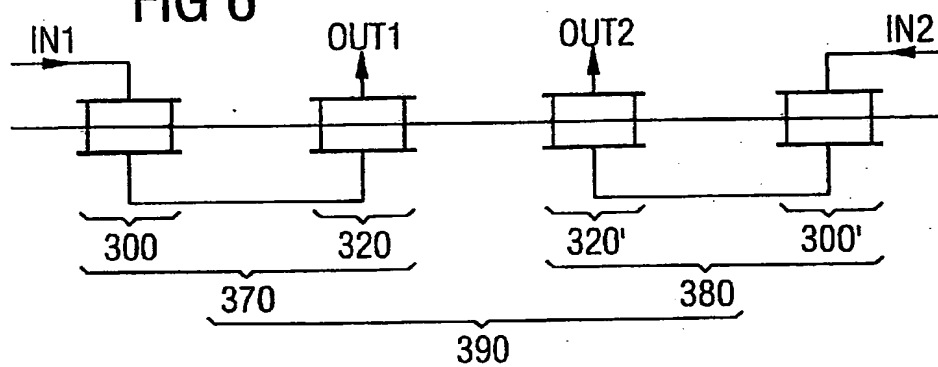
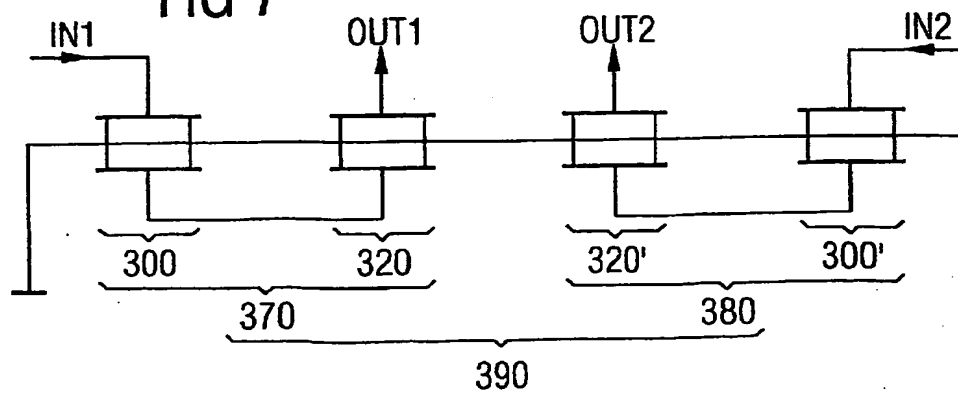


FIG 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP 02/09406

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H03H9/58

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.       |
|----------|--|-----------------------------|
| X        | US 5 821 833 A (LAKIN KENNETH M)<br>13 October 1998 (1998-10-13)   | 1,10-13,<br>15,16,<br>22,23 |
| A        | column 3, line 34 -column 4, line 32<br><br>column 5, line 9 -column 6, line 40<br>column 7, line 11-62; figures 3,8                           | 5,8,9,<br>24,29,30          |
| X        | US 5 382 930 A (STOKES ROBERT B ET AL)<br>17 January 1995 (1995-01-17)   | 1,3,<br>10-13,<br>15,22     |
| A        | the whole document   | 29                          |
| A        | US 5 864 261 A (WEBER ROBERT J)<br>26 January 1999 (1999-01-26)<br>column 4, line 20 -column 5, line 32<br>column 8, line 9 -column 9, line 29 | 4,5,7,8,<br>16-19,22        |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2003

Date of mailing of the international search report

23/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 940-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Coppieters, C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No

PCT/EP 02/09406

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5821833                                | A | 13-10-1998          | NONE                       |                     |
| US 5382930                                | A | 17-01-1995          | NONE                       |                     |
| US 5864261                                | A | 26-01-1999          | NONE                       |                     |

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Kl. Zeichen

PCT/EP 02/09406

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H03H9/58

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RESEARCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr.             |
|------------|--|--------------------------------|
| X          | US 5 821 833 A (LAKIN KENNETH M)<br>13. Oktober 1998 (1998-10-13)  | 1, 10-13,<br>15, 16,<br>22, 23 |
| A          | Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 32<br><br>Spalte 5, Zeile 9 - Spalte 6, Zeile 40<br>Spalte 7, Zeile 11-62; Abbildungen 3, 8                     | 5, 8, 9,<br>24, 29, 30         |
| X          | US 5 382 930 A (STOKES ROBERT B ET AL)<br>17. Januar 1995 (1995-01-17)   | 1, 3,<br>10-13,<br>15, 22      |
| A          | das ganze Dokument   | 29                             |
| A          | US 5 864 261 A (WEBER ROBERT J)<br>26. Januar 1999 (1999-01-26)<br>Spalte 4, Zeile 20 - Spalte 5, Zeile 32<br>Spalte 8, Zeile 9 - Spalte 9, Zeile 29 | 4, 5, 7, 8,<br>16-19, 22       |

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\* A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\* E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\* L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\* O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\* P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* &amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

23/01/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coppieters, C

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen

ur selben Patentfamilie gehören

Internatid

enzeichen

PCT/EP 02/09406

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5821833   | A | 13-10-1998                    | KEINE                             |                               |
| US 5382930   | A | 17-01-1995                    | KEINE                             |                               |
| US 5864261   | A | 26-01-1999                    | KEINE                             |                               |